



*Pelotas, RS
Dezembro, 2010*

Autores

Walkyria Bueno Scivittaro
Eng. Agrôn. D.Sc. em Ciências,
Pesquisadora da Embrapa Clima
Temperado, Pelotas, RS,
walkyria.scivittaro@cpact.embrapa.br

Mariana Tavares Silva
Química, mestranda do Curso de
Solos da FAEM-UFPel, Pelotas, RS,
marianatavaress@hotmail.com

Juliana Aguilar Fuhrmann Braun
Química, M.Sc., Pesquisadora do
Convênio Petrobrás/Embrapa/
Fapeg, Pelotas, RS,
ju.aguilar@pop.com.br

Maria Laura Turino Mattos
Eng. Agrôn. D.Sc. em Ciência do
Solo, Pesquisadora da Embrapa
Clima Temperado, Pelotas, RS,
maria.laura@cpact.embrapa.br

Monitoramento da Qualidade da Água de Drenagem Inicial de Lavoura de Arroz Pré-germinado

No Rio Grande do Sul, a cultura do arroz ocupa, anualmente, uma área próxima de 1 milhão de hectares, constituindo-se na lavoura mais tecnicada e, conseqüentemente, que detém a maior produtividade média, superior a 7 t ha⁻¹ (COMPANHIA, 2010), muito embora sejam atingidas produtividades superiores, em lavouras com adoção de elevado nível tecnológico.

O cultivo de arroz é praticamente realizado totalmente em condições de solo alagado, existindo dois manejos da água em função do sistema de semeadura utilizado. No primeiro, de uso mais generalizado, a semeadura é realizada em solo seco, mantendo-se essa condição até 20-30 dias após a emergência das plântulas, quando, então, o solo é inundado, permanecendo assim até próximo à colheita. No segundo, adotado em 10,7% da área do estado na última safra (INSTITUTO, 2010), a semeadura é feita com sementes pré-germinadas em solo coberto por uma lâmina de água baixa, a qual é aumentada à medida em que as plantas crescem (SCIVITTARO; MACHADO, 2004). Portanto, neste caso, o solo mantém-se alagado praticamente durante todo o período de cultivo do arroz (SOCIEDADE, 2010).

O sistema de cultivo de arroz pré-germinado apresenta outras peculiaridades quanto ao manejo da água, dentre as quais se destaca a drenagem inicial da lavoura, poucos dias após a semeadura, para garantir o estabelecimento adequado da cultura. Essa prática, embora de uso corrente entre os produtores, implica uso adicional de água, remoção de sólidos em suspensão, de nutrientes e de agrotóxicos do sistema, além de possibilitar a reinfestação da área por plantas daninhas, em especial o arroz vermelho (PETRINI et al, 2004; MACEDO et al., 2007). Tais efeitos prejudiciais do manejo convencional da água para o sistema de cultivo de arroz pré-germinado foram confirmados por Mattos et al. (2005), que determinaram perda de nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio) e de sólidos totais (dissolvidos e suspensos) para os mananciais hídricos, com aumento da turbidez dos recursos hídricos, e do uso da água pela cultura, além da reinfestação da área por plantas daninhas. Adicionalmente, com a adoção desse manejo, há o risco de transporte dos agrotóxicos adsorvidos em partículas do solo em suspensão para os mananciais hídricos, refletindo-se em impactos ambiental e econômico negativos.

Pelo exposto e considerando a crescente preocupação com a quantidade e qualidade da água utilizada pela cultura de arroz irrigado, vários grupos de pesquisa que atuam na região Sul do Brasil vêm avaliando o impacto de práticas de manejo sobre a qualidade da água associada à lavoura de arroz irrigado (DESCHAMPS et al., 2001; MACEDO et al., 2001a, 2001b, 2005; MACHADO et al., 2006; MATTOS et al., 2001a, 2001b, 2001c, 2003; MICHELON et al., 2003; NOLDIN ET al., 2001; SCIVITTARO et al., 2009). Muitas dessas práticas têm demonstrado risco de impacto ambiental negativo da lavoura de arroz, particularmente sobre os mananciais circunvizinhos, pela presença de resíduos de fertilizantes e de agrotóxicos na água.

Dando seqüência a esses estudos, desenvolveu-se um trabalho com o objetivo de acompanhar as variações em parâmetros físico-químicos da água de drenagem pós-semeadura de lavoura de arroz pré-germinado.

O estudo foi realizado na Estação Experimental Terras Baixas (ETB), da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, durante a safra agrícola 2007/08. As amostras de água foram coletadas de parcelas experimentais cultivadas com arroz irrigado no sistema pré-germinado. As parcelas experimentais, com dimensões de 10 m x 10 m, isoladas por taipas, foram estabelecidas em triplicata em área previamente sistematizada em nível, com cota zero.

O solo da área experimental, um PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico (SANTOS et al., 2006) com teor baixo de matéria orgânica (20 g dm^{-3}), médio de fósforo (6 g dm^{-3}) e alto de potássio ($76 \text{ cmol}_e \text{ dm}^{-3}$ de K) (SOCIEDADE, 2004), foi preparado na ausência de água cerca de 20 dias antes da semeadura do arroz (PETRINI et al., 2004). Em seguida, procedeu-se ao renivelamento e alisamento final da área, em presença de água, com a incorporação da adubação de pré-semeadura para o arroz (200 kg ha^{-1} da formulação 0-20-20). O estabelecimento da dose de nutrientes baseou-se nos resultados da análise de solo, considerando-se uma expectativa de incremento de produtividade para o arroz de 3 Mg ha^{-1} (SOCIEDADE, 2007).

A semeadura de arroz foi realizada em 11 de dezembro de 2007, utilizando-se sementes pré-germinadas, que foram distribuídas a lanço nas parcelas experimentais, sobre uma lâmina de água baixa, de 5,0 cm a 7,0 cm de espessura. Cinco dias após essa operação, deu-se início à drenagem das parcelas, com a remoção completa da lâmina de irrigação, mantendo-se o solo encharcado. Esta condição de umidade foi mantida por três dias, visando a melhorar o desenvolvimento do sistema radicular e favorecer a fixação da plântula de arroz ao solo (PETRINI et al., 2004).

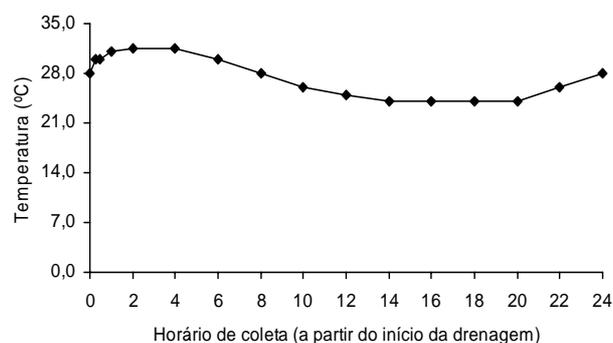
Durante o período de drenagem das parcelas experimentais, que se iniciou às 10 horas da manhã do dia 16/12/2007, estendendo-se por 24 horas, foram realizadas amostragens periódicas da água, em intervalos variáveis, com maior frequência no início do período de drenagem, conforme descrito a seguir. Coleta 1: início da drenagem (tempo zero); coleta 2: 15 minutos após o início da drenagem; coleta 3: 30 minutos após o início da drenagem; coleta 4: 1 hora após o início da drenagem; coleta 5: 2 horas após o início da drenagem; coleta 6: 4 horas após o início da drenagem; coleta 7: 6 horas após o início da drenagem; coleta 8: 8 horas após o início da drenagem; coleta 9: 10 horas após o início da drenagem; coleta 10: 12 horas após o início da drenagem; coleta 11: 14 horas após o início da drenagem; coleta 12: 16 horas após o início da drenagem; coleta 13: 18 horas após o início da drenagem; coleta 14: 20 horas após o início da drenagem; coleta 15: 22 horas após o início da drenagem; e coleta 16: 24 horas após o início da drenagem. As coletas de água de cada unidade experimental foram feitas em duplicata.

Nas amostras coletadas, avaliaram-se, em triplicata, os parâmetros físico-químicos: temperatura, turbidez, condutividade elétrica, pH, alcalinidade, dureza e os teores de fósforo, nitrogênio total, amônio e nitrato + nitrito. Os procedimentos analíticos seguiram métodos descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (AMERICAN, 1998). Os resultados analíticos

foram interpretados conforme os padrões de qualidade estabelecidos para águas Classe 1, da Resolução N° 357 do CONAMA, de 17 de março de 2007 (BRASIL, 2005).

As temperaturas determinadas para a água de drenagem pós-semeadura do arroz variaram de $24 \text{ }^\circ\text{C}$ a $31,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 1), acompanhando basicamente as alterações na temperatura do ar ao longo do dia (dados não apresentados). A temperatura é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da planta de arroz, havendo variações nas temperaturas críticas ótima, mínima e máxima entre as fases fenológicas da planta (STEINMETZ, 2004). Especificamente na fase de emergência e estabelecimento da plântula, a faixa de temperatura ótima para a cultura é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ a $30 \text{ }^\circ\text{C}$, com valores mínimo de $12 \text{ }^\circ\text{C}$ a $13 \text{ }^\circ\text{C}$ e máximo de $35 \text{ }^\circ\text{C}$ (YOSHIDA, 1981). Comparando-se esses valores com aqueles apresentados na Figura 1, verifica-se adequação da temperatura da água constituinte da lâmina de irrigação do arroz, favorecendo os processos de emergência e estabelecimento inicial da plântula.

A elevação de $5 \text{ }^\circ\text{C}$ na temperatura da água pode alterar em 50% os efeitos tóxicos de determinadas substâncias e reduzir o tempo de sobrevivência de peixes, crustáceos e anfíbios, explicando a relativa frequência de mortalidade de animais em corpos de água situados em regiões com tendência de elevação brusca da temperatura ou com comprometimento da qualidade da água (PÁDUA, 2007).

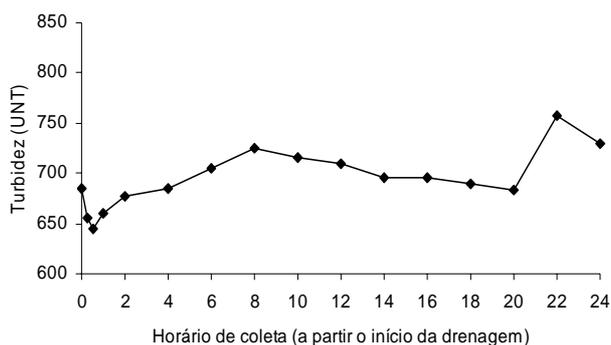


Período de coleta: 24 horas. Coletas realizadas no início da drenagem (tempo zero); aos 15 minutos; 30 minutos; 1 hora; 2 horas; 4 horas; 6 horas; 8 horas; 10 horas; 12 horas; 14 horas; 16 horas; 18 horas; 20 horas; 22 horas e 24 horas após o início da drenagem.

Figura 1. Temperatura da água drenada de lavoura de arroz pré-germinado cinco dias após a semeadura, ao longo do período de monitoramento. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. 2010.

Durante todo o período de drenagem, os índices de turbidez da água, na lâmina de irrigação de arroz cultivado em sistema pré-germinado, foram elevados, variando entre 655 e 758 UNT (Figura 2). Atribui-se os valores altos ao revolvimento do solo em pré-plantio, nas operações de preparo, renivelamento do terreno e aplicação de fertilizante, particularmente àquelas realizadas em presença de lâmina de água, que promovem a suspensão das partículas finas, aumentando a turbidez e alterando a coloração da água drenada para os mananciais, com prejuízos ao ambiente (MACEDO et al., 2007; MATTOS et al., 2005; MATTOS et al., 2009).

Ainda na Figura 2 observa-se que os índices de turbidez apresentaram incrementos importantes no período final de drenagem, particularmente nas duas últimas amostragens, indicando intensificação do processo de remoção de sólidos em suspensão pela água de drenagem. O processo de perda de solo varia com a textura do solo (MACEDO et al., 2001b) e com a redução no intervalo de tempo entre as operações de preparo de solo/semeadura e de drenagem da lavoura de arroz (MACEDO et al., 2007).



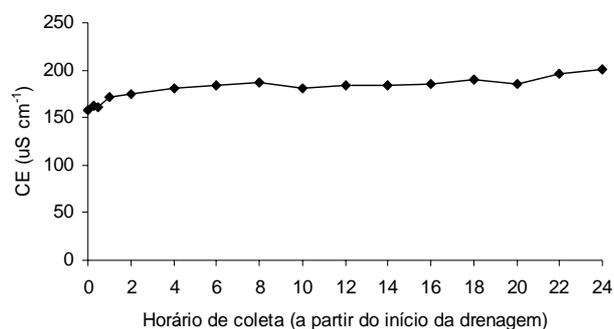
Período de coleta: 24 horas. Coletas realizadas no início da drenagem (tempo zero); aos 15 minutos; 30 minutos; 1 hora; 2 horas; 4 horas; 6 horas; 8 horas; 10 horas; 12 horas; 14 horas; 16 horas; 18 horas; 20 horas; 22 horas e 24 horas após o início da drenagem.

Figura 2. Turbidez da água drenada de lavoura de arroz pré-germinado cinco dias após a semeadura, ao longo do período de monitoramento. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. 2010.

Os índices de condutividade elétrica (CE) da água de drenagem pós-semeadura de lavoura de arroz pré-germinado mantiveram-se superiores a $150 \mu\text{S cm}^{-1}$, com tendência de elevação ao longo do período de monitoramento (Figura 3). Os índices de CE elevados medidos indicam a ocorrência de modificações na composição da água proveniente de lavoura de arroz pré-germinado recém implantada, especialmente na concentração de minerais. Entretanto, não fornecem informações sobre a composição química da água, uma vez que esse parâmetro não é representativo das quantidades relativas dos constituintes presentes. Infere-se, porém, que os valores elevados de

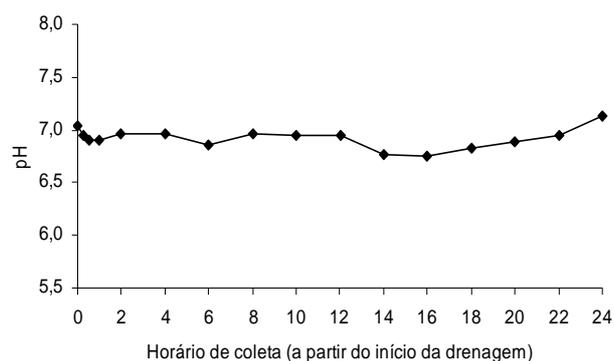
condutividade elétrica encontrados decorrem da dissolução de sais derivados dos fertilizantes aplicados na adubação de pré-semeadura do arroz.

Dentre os parâmetros medidos, o pH foi o que apresentou menor variação ao longo do período de drenagem; os índices mantiveram-se bastante próximos a 7,0 (Figura 4), indicando a neutralidade da água de drenagem de lavoura de arroz pré-germinado. Quanto a este resultado, ressalta-se que o aumento do pH de solos ácidos a valores próximos a neutralidade é uma das consequências da redução do solo promovida pela inundação (SOUSA et al., 2006).



Período de coleta: 24 horas. Coletas realizadas no início da drenagem (tempo zero); aos 15 minutos; 30 minutos; 1 hora; 2 horas; 4 horas; 6 horas; 8 horas; 10 horas; 12 horas; 14 horas; 16 horas; 18 horas; 20 horas; 22 horas e 24 horas após o início da drenagem.

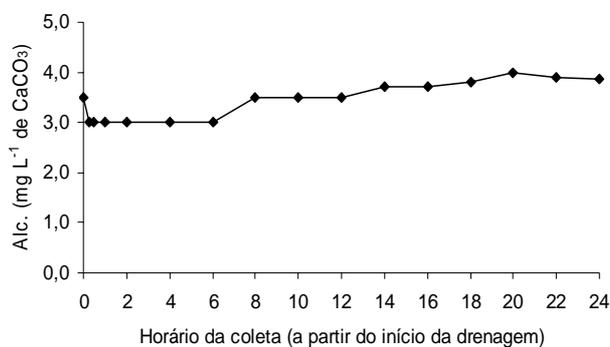
Figura 3. Condutividade elétrica (CE) da água drenada de lavoura de arroz pré-germinado cinco dias após a semeadura, ao longo do período de monitoramento. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. 2010.



Período de coleta: 24 horas. Coletas realizadas no início da drenagem (tempo zero); aos 15 minutos; 30 minutos; 1 hora; 2 horas; 4 horas; 6 horas; 8 horas; 10 horas; 12 horas; 14 horas; 16 horas; 18 horas; 20 horas; 22 horas e 24 horas após o início da drenagem.

Figura 4. Valores de pH da água drenada de lavoura de arroz pré-germinado cinco dias após a semeadura, ao longo do período de monitoramento. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. 2010.

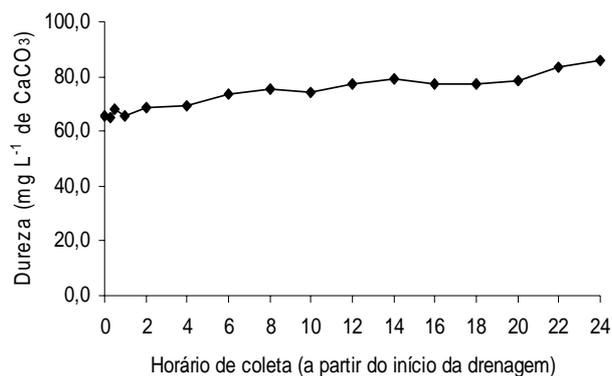
Durante o período de drenagem, houve pequena variação nos resultados de alcalinidade da água de drenagem pós-semeadura de parcelas cultivadas com arroz no sistema pré-germinado. Os valores determinados variaram entre 3,0 e 4,0 mg L⁻¹ de CaCO₃ (Figura 5). Estes valores são inferiores aos determinados por Golombieski et al. (2005), que trabalharam com amostras de água oriundas de um experimento de arroz irrigado associado à criação de peixes. Possivelmente os resultados de alcalinidade mais altos encontrados por esses autores decorram de diferenças no material de origem e no manejo da adubação do solo utilizado para o cultivo de arroz, bem como do enriquecimento deste pelos excrementos dos peixes mantidos no local de cultivo.



Período de coleta: 24 horas. Coletas realizadas no início da drenagem (tempo zero); aos 15 minutos; 30 minutos; 1 hora; 2 horas; 4 horas; 6 horas; 8 horas; 10 horas; 12 horas; 14 horas; 16 horas; 18 horas; 20 horas; 22 horas e 24 horas após o início da drenagem.

Figura 5. Alcalinidade (Alc.) da água drenada de lavoura de arroz pré-germinado cinco dias após a semeadura, ao longo do período de monitoramento. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. 2010.

Na Figura 6, verifica-se que a dureza da água de drenagem pós-semeadura de arroz pré-germinado variou entre 51 e 96 mg L⁻¹ de CaCO₃, caracterizando-a como moderadamente dura, segundo classificação de Silva et al. (1999). Ao contrário do reportado para a variável alcalinidade, os valores de dureza medidos no presente estudo foram superiores àqueles determinados por Golombieski et al. (2005), para águas de lavoura de arroz irrigado produzida em consórcio à criação de peixes. Infere-se que os valores elevados de dureza encontrados decorram, principalmente, da dissolução de sais de potássio derivados do fertilizante aplicado em pré-semeadura, uma vez que a presença de sais de cálcio na água foi pequena, conforme reportado para o parâmetro alcalinidade (Figura 5).

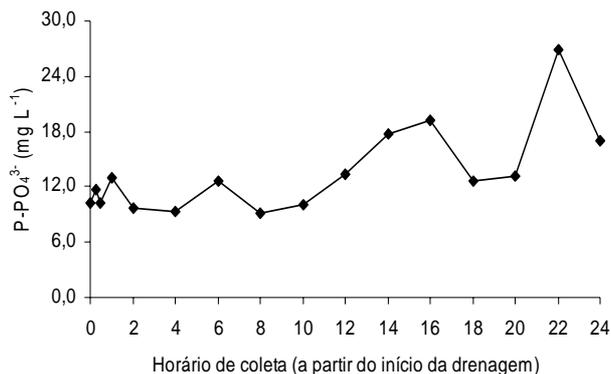


Período de coleta: 24 horas. Coletas realizadas no início da drenagem (tempo zero); aos 15 minutos; 30 minutos; 1 hora; 2 horas; 4 horas; 6 horas; 8 horas; 10 horas; 12 horas; 14 horas; 16 horas; 18 horas; 20 horas; 22 horas e 24 horas após o início da drenagem.

Figura 6. Dureza da água drenada de lavoura de arroz pré-germinado cinco dias após a semeadura, ao longo do período de monitoramento. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. 2010.

Para outras culturas, que não o arroz irrigado por inundação do solo, poder-se-ia associar os valores elevados de dureza determinados à prática da calagem, porém esta, em geral, é dispensada para o arroz produzido no sistema pré-germinado, em razão da correção natural da acidez do solo proporcionada pelo alagamento, fenômeno conhecido como "autocalagem" (SCIVITTARO; MACHADO, 2004).

Os teores de fósforo (P-PO₄³⁻) encontrados nas amostras de água coletadas durante o período de drenagem das parcelas experimentais cultivadas com arroz pré-germinado variaram entre 9 e 27 mg L⁻¹ (Figura 7), superando o limite máximo permitido pela Resolução N° 357 do CONAMA para águas das classes 1, 2 e 3 (BRASIL, 2005). As concentrações elevadas de P-PO₄³⁻ são indicativas da eutrofização da água de drenagem, podendo estender esse processo ao corpo receptor, deteriorando sua qualidade, condição esta relatada por Macedo et al. (2007). Segundo Petrini et al. (2004), a inundação prévia do solo promove alterações físicas, químicas e biológicas em relação à condição original, entre as quais se destaca o aumento da disponibilidade de fósforo em solução, o que, acrescido da dissolução parcial do fertilizante fosfatado aplicado em pré-semeadura, explica os resultados elevados de fósforo determinados para a água de drenagem.

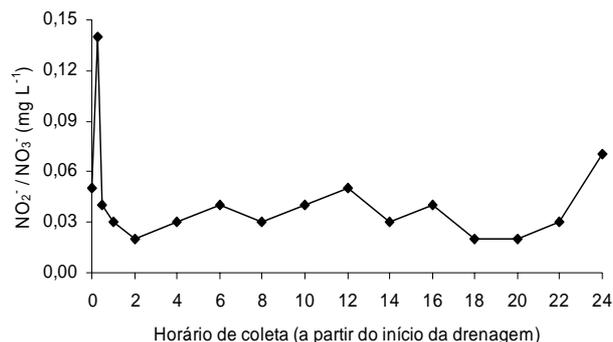


Período de coleta: 24 horas. Coletas realizadas no início da drenagem (tempo zero); aos 15 minutos; 30 minutos; 1 hora; 2 horas; 4 horas; 6 horas; 8 horas; 10 horas; 12 horas; 14 horas; 16 horas; 18 horas; 20 horas; 22 horas e 24 horas após o início da drenagem.

Figura 7. Teores de fósforo (P-PO₄³⁻) na água drenada de lavoura de arroz pré-germinado cinco dias após a semeadura, ao longo do período de monitoramento. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. 2010.

Os teores de nitrito + nitrato determinados na água de drenagem pós-semeadura de arroz pré-germinado foram inferiores a 0,05 mg L⁻¹ (Figura 8), indicando ausência de toxicidade pela presença dessas espécies iônicas, conforme estabelecido pela Resolução N° 357 do CONAMA 357, mesmo para águas classe 1 (BRASIL, 2005). Ressalta-se, porém, que o método analítico utilizado não discrimina a proporção entre nitrito e nitrato. O nitrato é a forma mais oxidada do nitrogênio; sua presença é relativamente comum em águas, especialmente naquelas armazenadas em comunidades rurais. Nitratos inorgânicos, como o nitrato de amônio, são largamente utilizados como fertilizantes. Assim, é comum a ocorrência de concentrações baixas de nitrato em águas naturais. No entanto, a Resolução N° 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) estabelece como valor máximo permitido de nitrato em água 10 mg L⁻¹.

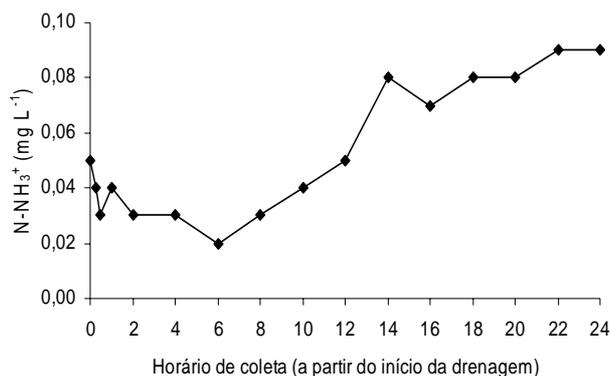
O nitrito é um estado intermediário do ciclo do nitrogênio, resultando da oxidação do amônio formado durante a decomposição da matéria orgânica. Após formado, o nitrito é prontamente oxidado a nitrato. Concentrações até 0,1 mg L⁻¹ de nitrito na água são inofensivas, já concentrações entre 0,1 e 0,5 mg L⁻¹ de nitrito podem provocar danos a certas espécies de peixes. Este perigo aumenta sobremaneira em concentrações superiores a 1,0 mg L⁻¹. Apesar de o limite permitido de nitrito em águas estabelecido pela Resolução N° 357 do CONAMA ser bastante baixo, os valores baixos de nitrito + nitrato determinados neste estudo estão em conformidade com a legislação vigente.



Período de coleta: 24 horas. Coletas realizadas no início da drenagem (tempo zero); aos 15 minutos; 30 minutos; 1 hora; 2 horas; 4 horas; 6 horas; 8 horas; 10 horas; 12 horas; 14 horas; 16 horas; 18 horas; 20 horas; 22 horas e 24 horas após o início da drenagem.

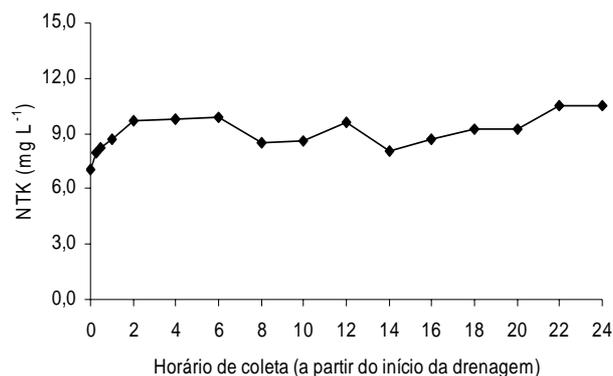
Figura 8. Teores de nitrito + nitrato (NO₂⁻/NO₃⁻) na água drenada de lavoura de arroz pré-germinado cinco dias após a semeadura, ao longo do período de monitoramento. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. 2010.

Também os teores de nitrogênio amoniacal determinados na água de drenagem de lavoura de arroz foram baixos, inferiores a 0,1 mg L⁻¹. Salienta-se, porém, a elevação sistemática dessa espécie ao longo do período de monitoramento, o que possivelmente se deve ao aumento na quantidade de sólidos em suspensão decorrente da drenagem contínua das parcelas experimentais (Figura 9). O nitrogênio amoniacal pode estar presente em teores baixos em águas naturais, devido ao processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica animal e vegetal presente. O íon amônio é um importante componente de fertilizantes. Altas concentrações de amônio em águas superficiais, superiores a 0,1 mg L⁻¹, podem ser indicativas de contaminação por esses insumos (MACEDO, 2004). A concentração excessiva de amônio é tóxica para a vida aquática e, mesmo em baixas concentrações, pode ser fatal para peixes, pois afeta seu sistema nervoso central, reduzindo a capacidade de consumir oxigênio e, portanto, diminuindo sua resistência a doenças (RICHTER et al., 2003).



Período de coleta: 24 horas. Coletas realizadas no início da drenagem (tempo zero); aos 15 minutos; 30 minutos; 1 hora; 2 horas; 4 horas; 6 horas; 8 horas; 10 horas; 12 horas; 14 horas; 16 horas; 18 horas; 20 horas; 22 horas e 24 horas após o início da drenagem.

Figura 9. Teores de amônio (NH₄⁺) na água drenada de lavoura de arroz pré-germinado cinco dias após a semeadura, ao longo do período de monitoramento. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. 2010.



Período de coleta: 24 horas. Coletas realizadas no início da drenagem (tempo zero); aos 15 minutos; 30 minutos; 1 hora; 2 horas; 4 horas; 6 horas; 8 horas; 10 horas; 12 horas; 14 horas; 16 horas; 18 horas; 20 horas; 22 horas e 24 horas após o início da drenagem.

Figura 10. Teores de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) na água drenada de lavoura de arroz pré-germinado cinco dias após a semeadura, ao longo do período de monitoramento. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. 2010.

A concentração de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) na água apresentou pequena oscilação durante o período de drenagem, variando de 7,0 a 9,2 mg L⁻¹ (Figura 10). Esses resultados são indicativos de que a maior parte do nitrogênio presente nas amostras de água analisadas encontra-se na forma orgânica, visto que os teores de nitrogênio mineral determinados foram bastante baixos (Figuras 8 e 9). Apesar de a legislação não indicar limites para os teores de nitrogênio total em águas, as quantidades presentes na água de drenagem de lavoura de arroz certamente contribuirão para a eutrofização dos corpos receptores.

A drenagem implica aumento da camada oxidada do solo, com a consequente oxidação das espécies de nitrogênio presentes. Quando após o processo de drenagem ocorre um novo alagamento do solo, há a formação de nova camada reduzida, podendo resultar em perdas consideráveis de nitrogênio por desnitrificação, razão pela qual não se recomenda o uso de fertilizantes nitrogenados na forma nítrica, já que estão sujeitos à desnitrificação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros condutividade elétrica, turbidez e concentração de fósforo na água de drenagem inicial de lavoura de arroz pré-germinado estiveram em inconformidade em relação aos limites máximos estabelecidos pela Resolução 357 do CONAMA, para águas classe 1.

AGRADECIMENTOS

Aos funcionários do laboratório de Fertilidade do Solo da Embrapa Clima Temperado, pelo auxílio na coleta e análise das amostras de água.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington, 1998.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 5 nov. 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento**, julho 2010. Brasília, DF: 2010. 43 p. Disponível em: <www.conab.gov.br/OlalaCMS/.../1bcbd827bf80c423c09f4adef50fad86.pdf>. Acesso em: 3 set. 2010.

DESCHAMPS, F. C.; TOLEDO, L. G. de; NOLDIN, J. A.; NICOLELLA, G; EBERHARDT, D. S. Índice de qualidade de água (IQA) na avaliação do impacto da cultura do arroz irrigado sobre a qualidade das águas superficiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 763-767.

GOLOMBIESKI, J. I.; MARCHEZAN, E.; MONTE, M. B.; STORCK, L.; CAMARGO, E. R.; SANTOS, F. M. dos. Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1263-1268, nov-dez, 2005.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Acompanhamento da colheita do arroz irrigado no Rio Grande do Sul - safra 2009/10**. Porto Alegre, RS, 2010. 1 p. Disponível em: < <http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/20100520162750.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2010.

MACEDO, J. A. B. **Águas e águas**. 2. ed. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química-MG. 2004, 977 p.

MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E.; BOHNEN, H. Levantamento exploratório da composição química das águas utilizadas para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001a. p. 792-795.

MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E.; BOHNEN, H. Perdas de nutrientes na água de drenagem durante o preparo para o sistema de cultivo de arroz pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001b. p. 247-249.

MACEDO, V. R. M.; MARCHEZAN, E.; SILVA, P. R. F. da; ANGHINONI, I.; ÁVILA, L. A. de. **Manejo da água e da adubação para maior sustentabilidade da lavoura de arroz pré-germinado no RS**. Cachoeirinha: IRGA, 2007. 20 p. (Boletim técnico, 3).

MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E.; MENEZES, V. G.; GENRO JUNIOR, S. A.; JAEGER, R. L.; FONSECA, E. Característica da água do reservatório da barragem do Arroio Duro usada para irrigação da lavoura de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: Orium, 2005. p. 484-486.

MACHADO, S. L. de O.; MARCHEZAN, E.; RIGHES, A. A.; CARLESSO, R. VILLA, S. C. C.; CAMARGO, E. R. Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 65-71, jan-fev, 2006.

MATTOS, M. L. T.; DESCHAMPS, F.C.; PETRINI, J. A. Monitoramento ambiental de pesticidas em águas de lavouras de arroz irrigado no sistema pré-germinado. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 14-17.

MATTOS, M. L. T.; MARTINS, J. F. da S.; MELO, M.; DIAS, R. A.; BAPTISTA, G. C. Comportamento ambiental do inseticida carbofuran em ecossistema de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001a. p. 789-792.

MATTOS, M. L. T.; MARTINS, J. F. da S.; MELO, M.; DIAS, R. A.; BAPTISTA, G. C. Dissipação do carbofuran na água e no sedimento em ecossistema de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001b. p. 798-802.

MATTOS, M. L. T.; PERALBA, M. do C. R.; DIAS, S. L. P.; PRATA, F. P.; OLIVEIRA, E. C. Monitoramento ambiental do glifosate e de seu metabólito (ácido aminometilfosfônico) em águas de lavouras de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001c. p. 803-806.

MATTOS, M. L. T.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A. Perda de sólidos e nutrientes na água de lavoura de arroz irrigado cultivado no sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: Orium, 2005. p. 555-557.

MATTOS, M. L. T.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A.; SANTOS, I. M. B. dos; ALMEIDA, M. T. de. Monitoramento da qualidade da água de drenagem em cultivo de arroz pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28., 2009, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: SOSBAI, 2009. 1.CD-ROM.

MICHELON, S.; GOLOMBIESKI, J. I.; MARCHEZAN, E.; BARBERENA, D. da S.; PEREIRA, C.; STORCK, L. Parâmetros físico-químicos da água em rizipiscicultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 14-17.

NOLDIN, J. A.; EBERHARDT, D. S.; DESCHAMPS, F. C.; HERMES, L. C. Estratégia de coleta de amostras de água para monitoramento do impacto ambiental da cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 760-762.

PÁDUA, H. B. de. **Temperatura (água/ar) em sistemas aquáticos**. [2007]. Disponível em: <http://www.abrappesq.com.br/materia2.htm> Acesso em: 07 set. 2007.

PETRINI, J. A.; FRANCO, D. F.; SOUZA, P. R. de; BACHA, R. E.; TRONCHONI, J. G. Sistema de cultivo de arroz pré-germinado e transplante de mudas. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 387-416.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 332 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 259-303.

SCIVITTARO, W. B.; PICOLATO, R.; BRAUN, J. A. F.; PETRINI, J. A. **Monitoramento da qualidade da água de lavoura de arroz pré-germinado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 5 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular técnica, 87).

SILVA, F. T.; ALVARENGA, M. B.; GOMES, C. A. O.; MAIA, M. L. L. Noções de boas prática de fabricação, limpeza e sanificação. In: TORREZAN, R. **Curso de processamento de frutas**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 1999. p. 15-38.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre, 2010. 188 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas, 2007. 154 p.

SOUSA, R. O.; CAMARGO, F. A. de O.; VAHL, L. C. Solos alagados: reações de redox. In: MEURER, E. J. (Org.). **Fundamentos de química do solo**. 3 ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 185-211.

STEINMETZ, S. Influência do clima na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2004. p.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop sciencie**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.

Circular

Técnica, 97

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

GOVERNO
FEDERAL

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Clima Temperado
Endereço: BR 392, Km 78, Caixa Postal 403
Pelotas, RS - CEP 96010-971
Fone: (0xx53)3275-8100
Fax: (0xx53) 3275-8221
E-mail: www.cpact.embrapa.br
sac@cpact.embrapa.br
1ª edição
1ª impressão (2010) 50 cópias

Comitê de publicações

Presidente: Ariano Martins de Magalhães Júnior
Secretária- Executiva: Joseane Mary Lopes Garcia
Membros: Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio Suita de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho, Christiane Rodrigues Congro Bertoldi, Regina das Graças Vasconcelos dos Santos, Isabel Helena Verneti Azambuja, Beatriz Marti Emygdio.

Expediente

Supervisor editorial: Antônio Luiz Oliveira Heberlé
Revisão de texto: Bárbara Chevallier Cosenza
Editoração eletrônica: Bárbara Neves de Brito